

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

E.A.P. DE MEDICINA VETERINARIA

**Identificación y descripción macroscópica de los núcleos
basales de los hemisferios cerebrales (núcleo caudado,
núcleo lentiforme, claustró, cuerpo amigdalóide) de los
hemisferios cerebrales de la alpaca (Vicugna pacos)**

TESIS

Para optar el título profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Marilia Iveth Rojas Izaguirre

ASESOR

Miluska Beatriz Navarrete Zamora

Lima – Perú

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

Facultad de Medicina Veterinaria
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA

Trabajo sustentado y aprobado ante el Jurado designado por la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria mediante Resolución Directoral N° 110-EAPMV/FMV-2014

PRESIDENTE :

ALBERTO SATO SATO

MIEMBROS :

MILUSKA NAVARRETE ZAMORA
Asesora de la Tesis

:

GILBERTO SANTILLÁN ALTAMIRANO

:

MILDER AYÓN SARMIENTO

San Borja, 04 de julio de 2014

Vº Bº

.....
MV. DIEGO DÍAZ COAHILA
Director de la Escuela Académico Profesional de
Medicina Veterinaria





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO

En el auditorio principal de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día viernes **04 de julio de 2014**, a las **12:00** horas, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante Resolución Directoral N° 110-EAPMV/FMV-2014, integrado por los siguientes profesores:

ALBERTO SATO SATO	Presidente del Jurado
MILUSKA NAVARRETE ZAMORA	Asesora de la Tesis
GILBERTO SANTILLÁN ALTAMIRANO	Miembro del Jurado
MILDER AYÓN SARMIENTO	Miembro del Jurado

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del Presidente del Jurado y bajo la dirección del mismo, la Bachiller Doña: **ROJAS YZAGUIRRE, MARILIA IVETH**, para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

“IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LOS NÚCLEOS BASALES DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES (NÚCLEO CAUDADO, NÚCLEO LENTIFORME, CLAUSTRO, CUERPO AMIGDALOIDE) DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES DE LA ALPACA (*Vicugna pacos*)”

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria del Asesor de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **DIECISIETE (17)**.

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el Presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **13:00 horas** concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

Alberto Sato Sato: MSc. Profesor Emérito

Miluska Navarrete Zamora: MV. Prof. Asociado, T.C.

Gilberto Santillán Altamirano: MV. Prof. Asociado, T.C.

Milder Ayón Sarmiento: MV. Prof. Asociado, D.E.



DEDICATORIA

A Dios, por esa promesa que un día me cumplió.

A mi hermosa familia, este trabajo es por y para ustedes, porque son mi mayor fortaleza y mi más preciado tesoro, porque a pesar de las adversidades, siempre han sabido demostrarme que juntos somos todo y que no hay nada que no podamos vencer.

A mi padre, Armando Rojas Buitrón, mi mejor amigo, mi primer maestro, mi hermano y confidente, a ti que nunca dejaste de creer en mí y siempre tuviste fe que lo lograría, sabes que cada logro y triunfo mío, serán tuyos también. Porque no me alcanzaría la vida entera para agradecerte por haberme dado la mejor de las herencias; la educación. Que Dios te bendiga siempre papá, todo esto es para ti.

A mi madre, Antonia Yzaguirre Albites, usted que es lo más valioso que tengo en la vida, porque con cada gesto de amor, se roba mi más eterna admiración, por inculcarme ese amor infinito a esas pequeñas criaturas, gracias mamá; todo lo que un hijo puede desear, lo encierra usted. Que Dios te cuide siempre, esta tesis también va para ti.

A ti, Lesly Rojas Yzaguirre, hermana mía, por ser quien me empujó a cumplir mi más grande aventura, gracias por los consejos y por el apoyo en todo momento, porque el respeto y admiración siempre serán mutuos, porque eres mi más grande orgullo, este trabajo también va para ti.

A Martina Albites Castillo, que desde hace algunos años está conmigo de forma espiritual, sepa que he sentido su presencia cuando más la necesité; gracias por cuidarme antes y ahora, por ser mi ángel, por guiarme en silencio y por no abandonarme en ningún momento.

A usted, por hacer más simple lo tortuoso de este camino, por confiar en mí y por acompañarme en cada reto impuesto, por sus palabras de aliento y por ser muchas veces, mi cable a tierra, sepa que su presencia a mi lado ha sido mi más grande bendición.

Al Dr. Murray Fowler, por las palabras de aliento, por sus consejos y deseos, sepa que la Medicina Veterinaria perdió a un gran ejemplo de médico, persona y amigo con su partida. Sus palabras siempre retumbarán en mis oídos, no olvidaré esa dedicatoria. Gracias por esos pequeños momentos que marcaron mi vida para siempre, el honor más grande en mi vida, fue conocerlo. Descanse en paz doctor, este trabajo va para usted en donde quiera que esté.

A todos mis amigos, que de alguna u otra manera colaboraron en la realización de esta tesis, por sus palabras, por su compañía, por los mejores recuerdos de mi vida, ustedes, que son uno de los mejores regalos que la vida puede dar, gracias por ser parte de mi vida.

Finalmente, a los autores de este sueño, a esos pequeños seres que formaron y forman parte de mi existencia, gracias por cada ladrido y maullido en el momento preciso, por su inocencia y nobleza, por demostrarme que aún existen seres puros y perfectos en el mundo.

"Si un hombre aspira a una vida correcta, su primer acto de abstinencia es el de lastimar animales." Tolstoy

AGRADECIMIENTOS

A la doctora Miluska Navarrete Zamora, por su confianza en mí para la realización de esta tesis, por su tiempo y paciencia, por su amistad y consejos, por ser un ejemplo de profesionalismo e integridad, muchas gracias por permitirme conocerla un poco más.

Al doctor Alberto Sato Sato, por su invaluable ayuda en la realización de este trabajo, gracias por las sugerencias para el mejor planteamiento y estructuración de los datos, y por su disposición y conocimientos compartidos.

Al doctor Stephen Purdy, por la infinita ayuda y aportes tanto académicos como bibliográficos, por la amistad brindada, por darme la oportunidad de conocer un poco más acerca de los camélidos y por dejarme participar en un gran proyecto. Muchas gracias.

A Freddy Vitor, por el apoyo constante en la realización de la parte práctica de este trabajo.

Al Laboratorio de Fisiología Animal, por el préstamo del instrumental necesario para el procesamiento de las muestras.

Al Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, por el préstamo de insumos para la tinción de las muestras.

Al señor Vicente Mendoza, por la paciencia y ayuda con la bibliografía, muchas gracias por el tiempo y las recomendaciones, siempre será el alma de la biblioteca.

A mis amigos que ayudaron en la realización de este trabajo, muchas gracias.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1. Generalidades.....	2
2. Taxonomía.....	2
3. Características anatómicas del Sistema Nervioso.....	3
3.1 Sistema Nervioso Central.....	3
3.1.1 El Encéfalo.....	4
3.1.1.1 Hemisferios cerebrales.....	4
3.1.1.2 Telencéfalo.....	5
4. Núcleos Basales.....	5
4.1 Descripción de la función de los Núcleos Basales.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
1. Lugar de estudio.....	9
2. Número de animales muestreados.....	9
3. Materiales.....	9
3.1 Equipo e Instrumental.....	9
3.2 Materiales para Procesamiento.....	10
3.2.1 Insumos Bioquímicos.....	10
3.2.1.1 Técnica de Mulligan.....	10
3.2.1.2 Tinción.....	10
4. Metodología.....	11
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIONES.....	22
VII. LITERATURA CITADA.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hemisferios cerebrales.....	6
Figura 2. Ubicación de núcleos basales.....	8
Figura 3. Cerebros procesados para lectura de núcleos.....	15
Figura 4. Primer corte transversal a nivel del lóbulo parietal y tercer ventrículo.....	16
Figura 5. Segundo corte transversal a nivel del lóbulo parietal y tercer ventrículo.....	17
Figura 6. Tercer corte transversal a nivel del lóbulo parietal y tercer ventrículo.....	17

RESUMEN

El Perú es el principal productor de camélidos sudamericanos en el mundo, con más del 85% de alpacas, a pesar de ello, se conoce muy poco de la neuroanatomía de los camélidos sudamericanos, por consiguiente, es poco el conocimiento que se tiene acerca de los núcleos de los hemisferios cerebrales. El presente estudio se realizó utilizando 10 cabezas de alpacas adultas (5 machos y 5 hembras), provenientes del Camal Municipal de Nuñoa, provincia de Melgar, Puno, luego de la extracción, los cerebros fueron conservados en Formol al 10% por 1 semana, posteriormente, se realizaron cortes transversales en 7 de los cerebros y cortes longitudinales en 3 de los cerebros restantes, estos cortes se conservaron con Formol al 10% y posteriormente fueron procesados mediante la Técnica de Mulligan, se realizó la tinción con Cloruro férrico y Ferrocianuro de Potasio para la observación macroscópica de las estructuras anatómicas. Los resultados fueron descritos según la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (2012) y demostraron la presencia de los núcleos basales de los hemisferios cerebrales en los cortes transversales realizados. A nivel del lóbulo parietal y tercer ventrículo, se apreció la cabeza del núcleo caudado, el *Globus pallidus* y el putamen lateral, el siguiente corte realizado a nivel también del lóbulo parietal y tercer ventrículo, evidenció la presencia de la cápsula interna y externa; y, en la última porción del lóbulo parietal y tercer ventrículo, se apreció la cola del núcleo caudado. No se observaron las estructuras en los cortes longitudinales. Se comprobó la similar disposición anatómica de los núcleos basales de la alpaca con otras especies doméstica como el equino y bovino.

Palabras claves: Alpaca, núcleos basales, anatomía

ABSTRACT

Perú is the main producer of camelids in the world, with over 85% of alpacas, nevertheless, very little of the neuroanatomy of South American camelids is known, therefore, there is little knowledge we have about nuclei of the cerebral hemispheres. The present study was conducted using 10 heads of adult alpacas (5 males and 5 females) from the Municipal Slaughterhouse Nuñoa province of Melgar, Puno, after extraction, the brains were preserved in 10% formalin for 1 week, subsequently transverse sections were performed in 7 of the brains and longitudinal sections in 3 of the remaining brains, these cuts were preserved with 10% formalin and were subsequently processed using the technique Mulligan, staining was performed with ferric chloride and ferrocyanide potassium for macroscopic observation of anatomical structures. The results were described as the anatomical Payroll Veterinary Science (2012) and showed the presence of the basal nuclei of the cerebral hemispheres in the transverse cuts made. At the level of the parietal lobe and the third ventricle, the head of the caudate nucleus was observed, and the *Globus pallidus* lateral putamen, the next cut made at the level of the parietal lobe and also third ventricle, showed the presence of internal and external capsule, and, the last portion of the parietal lobe and third ventricle, the tail of the caudate nucleus was observed. No structures in the longitudinal sections were observed. Similar anatomical arrangement of the basal nuclei of the alpaca with other domestic species such as horses and cattle was found.

Keywords: Alpaca, basal ganglia, anatomy

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de alpacas es una actividad económica relevante para las regiones andinas, destacando la producción de fibra que posee un alto valor en los mercados nacionales e internacionales por su fina textura.

Sin embargo, la anatomía del sistema nervioso de los camélidos sudamericanos, no cuenta con un estudio anatómico macroscópico completo, incluyendo a los núcleos basales de los hemisferios cerebrales, los cuales se cree tienen importancia en algunas funciones sensitivas y motoras del animal.

Yoshikawa (1968) describe los diferentes núcleos basales en diversos cortes transversales en cerebros de equinos, bovinos, caprinos, ovinos, suinos y aves de corral, teniendo todos similar distribución, a excepción del cerebro de las aves de corral, la cual muestra una estructuración muy diferente, por ser lisencefálica.

El presente estudio anatómico macroscópico descriptivo se realizó para tener un mayor conocimiento de la morfología y composición de los núcleos basales en la alpaca.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Generalidades

El Perú es el principal productor de camélidos sudamericanos del mundo con poco más de 5 millones de cabezas entre las cuatro especies, de las cuales 3 millones 596 mil 753 son alpacas y representan más del 85% de las existentes en el mundo (Portal Agrario, 2009), con esta cantidad, satisface el 82% de la demanda mundial de fibra (INIEA, 2006).

La fibra proveniente de la cría de alpaca es la de mayor finura, y por consiguiente de mayor valor (FAO, 2005); sin embargo, no se alcanza un desarrollo económico óptimo en vista que la industria se ve limitada por diversos factores, como el alto índice de mortalidad neonatal (Ramírez, 1987; Ramírez y Ellis, 1988), siendo las enfermedades infecciosas y parasitarias un factor limitante de gran magnitud en la producción de camélidos sudamericanos (FAO, 2005).

2. Taxonomía

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclase: Tetrapoda

Clase: Mammalia

Subclase: Theria

Orden: Artiodactyla

Familia: Camelidae

Género: Vicugna

Especie: Vicugna pacos (Kadwell et al., 2001)

3. Características Anatómicas del Sistema Nervioso

No hay tratados integrales publicados sobre la anatomía del sistema nervioso de los camélidos. Algunas referencias se pueden encontrar en la literatura periódica, aunque la mayoría de los estudios son acerca de los nervios específicos de una región limitada del cuerpo o del cerebro (Fowler, 2010).

Teniendo como referencia la distribución anatómica de otros ungulados, el sistema nervioso se divide en Sistema Nervioso Central (que comprende al cerebro y médula espinal) y Sistema Nervioso Periférico (Navarrete y Sato, 2010). Este último incluye a los doce pares de nervios craneales, al Sistema Autónomo y a los nervios raquídeos espinales.

3.1 Sistema Nervioso Central

El sistema nervioso central (SNC) está formado por la médula y encéfalo, envuelto por las meninges. Las meninges están compuestas de tres membranas que de afuera a adentro son: 1) la duramadre, 2) la aracnoides y 3) la piamadre (Sisson y Grossman, 1993).

El encéfalo y la médula espinal derivan de una placa alargada de ectodermo llamada placa neural. Está limitada a los lados por unas elevaciones denominadas pliegues neurales. Durante el desarrollo, estos pliegues se elevan y se acercan a la línea media fusionándose para formar el tubo neural. Esta fusión comienza en la región cervical y se continúa en dirección craneal y caudal. Los extremos del tubo neural (los neuroporos craneal y caudal) tardan en cerrarse y comunican la luz del tubo neural con la cavidad amniótica. Primero se cierra el neuroporo craneal y, unos días después, lo hace el neuroporo caudal (Aige, 2010).

3.1.1 Encéfalo

El encéfalo está situado en la cavidad craneal. Esta cavidad está dividida por la tienda del cerebelo (*Tentorium cerebelli*) en una cavidad craneal rostral de mayor tamaño para el cerebro y una caudal más pequeña para el cerebelo. En relación con la totalidad de la cabeza, el encéfalo de los mamíferos domésticos ocupa un espacio relativamente pequeño. Está situado en un plano transversal rostral a nivel del borde

caudal del arco ocular y un plano transversal caudal a nivel del acueducto auditivo externo (König, 2005).

Embriológicamente, el encéfalo se desarrolla a partir de la parte rostral del tubo neural. Durante los primeros estadios del desarrollo embrionario, se divide rostralmente en prosencéfalo y caudalmente en rombencéfalo. La parte rostral del prosencéfalo es el telencéfalo, que se puede subdividir a su vez en rinencéfalo, parte filogenéticamente más antigua, y núcleos basales; dorsalmente encontramos localizado el *pallium*. La parte más caudal del prosencéfalo, que ocupa una posición central en el desarrollo total del encéfalo, es el diencefalo (Sisson y Grossman, 1993).

3.1.1.1 Hemisferios cerebrales

Los hemisferios cerebrales constituyen la región más voluminosa del sistema nervioso, en conjunto tienen forma ovoidea, siendo más redondeados en el extremo anterior. Ellos están separados por una profunda cisura interhemisférica la que contiene la hoz del cerebro que es una dependencia de la duramadre. Cada hemisferio está subdividido en lóbulos. Estos son los lóbulos frontales, parietales, temporales, occipitales y de la ínsula. El lóbulo frontal es el más anterior, está separado del parietal, por la cisura central.

En los mamíferos, estos hemisferios están muy desarrollados variando su conformación entre las especies. Existen especies lisencefálicas (conejo, rata) donde la superficie es lisa, y otras más evolucionadas donde su superficie presenta circunvoluciones, las cuales son llamadas especies girencefálicas (caballo, perro, etc.) (Agüera *et al.*, 1989). Los hemisferios cerebrales se subdividen en dos partes, basal y dorsal. La parte basal formada por una región septal, localizada medialmente que comprende a los núcleos septales y uno más lateral con los núcleos basales (Sisson y Grossman, 1993). Los dos hemisferios cerebrales se separan por la profunda fisura longitudinal del cerebro, flanqueada en ambos hemisferios por el surco marginal y el suprasilviano (König, 2005).

3.1.1.2 Telencéfalo

El telencéfalo, llamado también cerebro, consta de 2 mitades, los hemisferios. La sustancia gris está situada, igual que en el cerebelo, como un manto exterior, palio (*Pallium*) o corteza cerebral. También existen regiones nucleares en la profundidad de los hemisferios, que se conoce como cuerpo estriado (*Corpus striatum*) o ganglios basales.

La sustancia blanca, la médula del cerebro, está formada por fibras aferentes y eferentes así como por las fibras de asociación y comisurales. El manto exterior cerebral o corteza se subdivide, según criterios filogenéticos, en paleopalio, arquipalio y neopalio. El segmento más antiguo de los hemisferios, el paleopalio, forma su superficie ventral. Desde el punto de vista funcional, el paleopalio constituye el sitio central del órgano del olfato.

En posición dorsal con respecto a este se encuentran los núcleos del cuerpo estriado, que filogenéticamente pertenece a la pared de los hemisferios aunque se haya desplazado al interior. La parte de la corteza cerebral media, inmediata a la fisura longitudinal del cerebro, el arquipalio, se enrolla en parte en el interior del hemisferio y forma el asta de Amon o hipocampo. La mayor parte del hemisferio corresponde filogenéticamente a la nueva corteza cerebral o neopalio. En dirección ventrolateral, a la altura de la ínsula, el neopalio se continúa con el paleopalio (König, 2005).

4. Núcleos Basales

En el interior de los hemisferios, en la sustancia gris, se encuentran grandes regiones de núcleos, un núcleo basal es un cúmulo de cuerpos de células nerviosas en forma de regiones nucleares, que pueden resumirse como cuerpo estriado (*Corpus striatum*) y el cual está conformado por: el núcleo caudado (*Nucleus caudatus*), el putamen (*Putamen*) o núcleo lenticular, el claustrum (*Clastrum*) y el cuerpo amigdaloides (*Corpus amigdaloides*) (König, 2005).

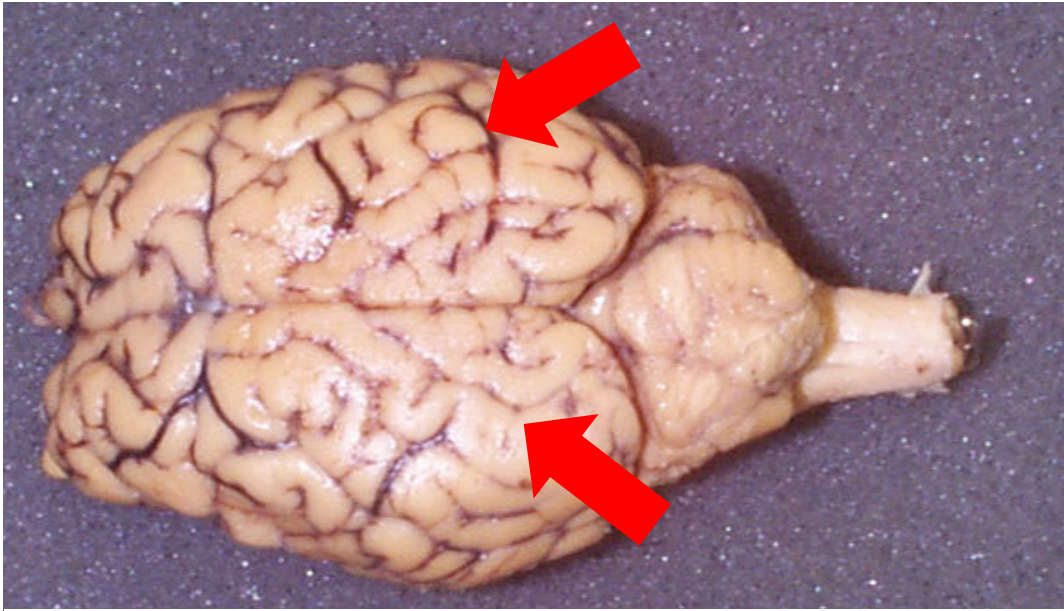


Figura 1. Las flechas rojas señalan a los hemisferios cerebrales divididos por la fisura longitudinal

- Cuerpo estriado

Es la masa muscular más grande. Está subdividida por láminas de la cápsula interna en el núcleo caudado (medial) y núcleo lentiforme (lateral). Luego el núcleo lentiforme es dividido por la lámina medular en *Globus pallidus* (medial) y putamen (lateral). (Carpenter, 1996).

- Núcleo caudado

Protruye desde el lado lateral hacia la parte rostral del ventrículo lateral. Su porción rostral más grande es llamada cabeza del núcleo caudado, la porción más angosta forma la cola, la porción media es referida como el cuerpo del núcleo caudado. Rostralmente cruza las fibras de la cápsula interna, la sustancia gris del núcleo caudado y la continuación del putamen. La cabeza del núcleo caudado está atravesada ventralmente por la comisura anterior. La cola del núcleo caudado termina ventral al inicio del cuarto caudal del cuerpo calloso (Carpenter, 1996).

- Núcleo lentiforme

- *Globus pallidus*

El más pequeño, es la porción medial del núcleo lentiforme, está situado más ventral. Su límite medial está formado por la rodilla de la cápsula externa. Lateralmente está separado del putamen por la lámina medular (Carpenter, 1996).

- Putamen

Se extiende a lo lejos del lado caudal del globo pallidus que está en contacto con la cara anterior y posterior de la cápsula interna. Lateralmente, el núcleo lentiforme está limitado a una capa delgada de sustancia blanca; la cápsula externa (Carpenter, 1996).

- Claustro

Localizado lateral a la cápsula externa y se extiende a lo largo del margen dorsolateral del putamen. La capa muy delgada de sustancia blanca que lo separa de la cabeza es referida como cápsula extrema (Carpenter, 1996).

- Cuerpo amigdalóide

Causante de un número de masas nucleares que ocupa la pared lateral y extremidad rostral del cuerno ventral del ventrículo lateral. Ventralmente, esta sustancia gris se continúa con la corteza cerebral del área piriforme y el lado temporal del cerebro. El cuerpo amigdalóide se acostumbra incluirlo con los núcleos basales por razones morfológicas. En base a sus conexiones debe ser incluido entre las estructuras del rinencéfalo (Carpenter, 1996).

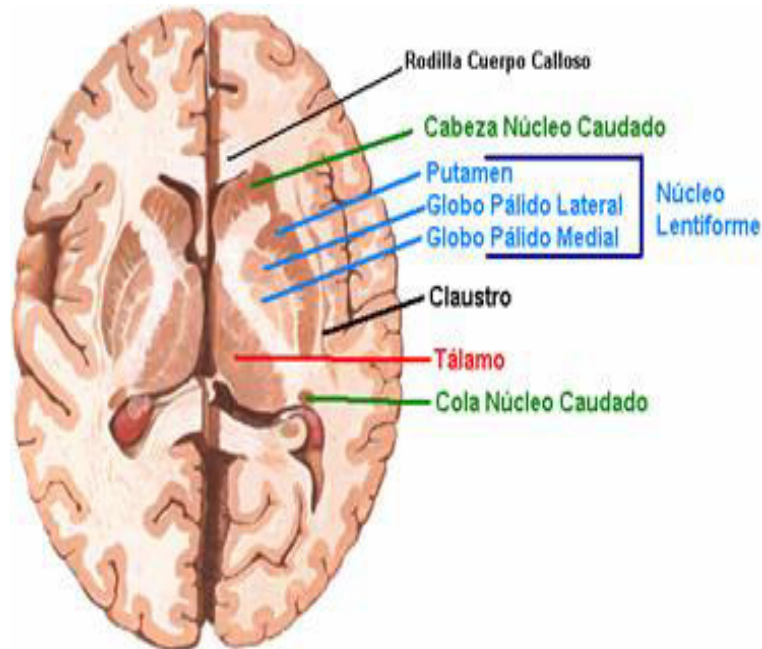


Figura 2. Ubicación de los núcleos basales en los hemisferios cerebrales.

4.1 Descripción de la función de los núcleos basales

Estos núcleos, en conjunto con el cerebelo, reciben información desde la corteza cerebral, que luego de integrarla y procesarla la envían al tálamo, el cual la trasmite de vuelta a áreas específicas de la corteza cerebral para así influir en el control motor. La disfunción de alguno de los componentes de este complejo nuclear produce alteraciones en el control de la postura y movimientos. Además, los cuerpos amigdaloides al formar parte del sistema límbico, a través de sus conexiones, influyen en la respuesta corporal a los cambios ambientales, sensaciones como: respuesta de huida, modificación en la frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria (Koeppen y Stanton, 2009).

Entre la cabeza del núcleo caudado y el núcleo putamen se encuentran puentes de sustancia gris que los comunican. Esto da el aspecto de estriaciones que han dado el nombre de cuerpo estriado o simplemente estriado a estos dos núcleos en conjunto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de Estudio

El presente estudio se realizó con la colección de muestras; en el mes de marzo del 2013 en el Camal Municipal de Nuñoa, ubicado en el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, departamento de Puno. Posteriormente las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre de la FMV-UNMSM.

2. Número de animales muestreados

Se emplearon 10 cabezas de alpacas adultas: 5 hembras y 5 machos, aparentemente sanas.

3. Materiales

3.1 Equipo e instrumental

- Guantes de látex (talla S)
- Pabilo grueso
- Equipo de disección básico (tijera, pinzas, sonda acanalada)
- Hojas de bisturí N°21
- Jeringas de 20 ml
- Aguja hipodérmica de calibre N° 21 Gx1

- Formol diluído al 10%
- Papel periódico
- Regla
- Algodón
- Plumón indeleble color rojo y negro
- Bolsas negras
- Cuchillo carnicero
- Tabla de madera de 20 x 20 x 2 cm
- Cronómetro
- Recipientes de plástico para conservación
- Cámara fotográfica
- Papel bond A4
- Lápiz

3.2 Materiales para procesamiento

- Cocina eléctrica
- Balanza digital
- Beaker de 500 ml
- Bagueta de vidrio
- Bandejas de Pírex

3.2.1 Insumos Bioquímicos

3.2.1.1 Técnica de Mulligan

- Fenol cristalino
- Sulfato de cobre
- Ácido clorhídrico
- Agua destilada

3.2.1.2 Tinción

- Cloruro férrico
- Ferrocianuro de potasio al 1%
- Agua destilada

3.3 Materiales para conservación

- Agua destilada
- Recipientes de plástico
- Rotuladores permanentes

4. Metodología

Se empleó el siguiente protocolo para la conservación y traslado de muestras desde la ciudad de Puno a Lima, que previamente fueron seleccionados en el Camal Municipal de Nuñoa antes del sacrificio, separándose machos de hembras, se hizo el registro del sexo y se procedió al beneficio de los animales.

Procedimiento para envío de cabezas:

1. Una vez obtenida las cabezas, se procedió a ubicar el extremo proximal de las arterias carótidas comunes.
2. Se ligó uno de los extremos con el pabilo, color rojo para hembras y negro para machos.
3. A continuación, por el extremo de la arteria carótida, se infiltró aproximadamente 500 ml de formol al 10%.
4. Se ligó este extremo con pabilo y se envolvió la cabeza con papel periódico y bolsas negras para su posterior traslado a la ciudad de Lima.

Una vez recepcionadas las muestras en el Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre, se procedió de la siguiente manera:

- Se retiró la piel de la cabeza, luego se realizaron incisiones desde la región occipital en dirección anterior hasta las apófisis orbitarias del cráneo, con el fin de retirar esa porción del cráneo y obtener los cerebros.
- Los cerebros fueron removidos desde la cavidad craneana con sumo cuidado.
- Una vez obtenidos, los cerebros fueron fijados en formol al 10% por espacio de 1 semana.

- Posterior a este período, se realizó la limpieza de los cerebros con agua corriente por aproximadamente 1 hora, para eliminar posibles residuos de sangre que pudiesen alterar el posterior teñido de los tejidos.
- Se procedió a retirar las meninges desde el tallo cerebral.
- Se realizó cortes transversales de aproximadamente 5 mm en 7 cerebros, iniciando en el lóbulo frontal y finalizando en el lóbulo occipital; y cortes coronales en 3 cerebros, de aproximadamente 1 cm de grosor, usando un cuchillo filoso y una tabla de madera.
- Se obtuvo 10 cortes transversales y 6 cortes coronales por cerebro respectivamente.
- Se lavaron las secciones de cerebro con agua corriente por espacio de 1 hora y luego con agua destilada.
- Una vez listas las secciones de cerebro, pasaron por el proceso de fijación mediante la técnica de Mulligan y el teñido con soluciones químicas.

a) Técnica de Mulligan:

- En un beaker, se colocó 22,5 g de fenol cristalino, 2,5 g de sulfato de cobre y 0,625 ml de ácido clorhídrico concentrado en 500 ml de agua destilada a una temperatura de 70°.
- Se colocó las secciones de cerebro en esta solución por espacio de 4 minutos.
- Una vez transcurrido el tiempo, los cortes fueron trasladados a un pírex con agua corriente por espacio de 1 minuto.

b) Tinción:

- Una vez fijados los cortes, se introdujeron por espacio de 2 minutos en una solución de Cloruro férrico (5g en 500 ml de agua destilada).
- Se retiraron los cortes y pasaron a un recipiente con agua corriente por espacio de 2 minutos.
- Luego se sumergieron los cortes en otro recipiente con una solución de Ferrocianuro de potasio al 1% (5g en 500 ml de agua destilada) por espacio de 2 minutos.

- Por último, los cortes se introdujeron en un recipiente con agua corriente por espacio de 5 minutos.

- Fundamento de la tinción

También llamada “Tinción diferencial gris”, se emplea para el estudio de la diferenciación interna del Sistema Nervioso Central. La importancia de esta técnica radica en la posibilidad de diferenciar las estructuras encefálicas en forma macroscópica, de manera que permite apreciar su anatomía en toda su dimensión. La afinidad de la Solución de Mulligan por las proteínas de la sustancia gris permite, junto con la de otras soluciones, teñir de azul intenso (Prussian Blue) dicha sustancia y así diferenciarla de la sustancia blanca.

La coloración ocurre debido a una serie de reacciones químicas, promovidas por la afinidad de las sustancias reactivas con los componentes celulares con los que se realizó el trabajo.

Se procedió a sumergir la muestra de cerebro en la Solución de Mulligan, calentada a 70°. Esta solución está compuesta por fenol, sulfato de cobre y ácido clorhídrico, en donde el fenol, actúa como fijador, y al estar en un medio ácido (HCl), reducirá el Cu de cúprico a cuproso, de esta manera, permite la unión del cobre cuproso a los grupos aminos de las proteínas.

La especificidad de la tinción por la sustancia gris, probablemente esté dada por la mayor concentración proteica de la sustancia gris (contiene somas neuronales, axones, dendritas, y células de la neuroglia) con respecto de la blanca (axones de neuronas, las células gliales y vasos sanguíneos) (Norton, W.T; 1981). Esta reacción requiere para producirse de condiciones precisas de temperatura y pH.

Una vez que los cortes han sido impregnados con la solución de Mulligan, se llevan a una solución de cloruro férrico, la cual oxida el cobre cuproso depositado a cobre cúprico, simultáneamente, se reduce el hierro férrico a ferroso. El cobre y el hierro se intercambian entre sí, quedando depositado el hierro en lugar del cobre (reacción de sustitución). (Una reacción de sustitución es aquella donde un átomo o grupo en un compuesto químico es sustituido por otro átomo o grupo).

A continuación, se llevan los cortes a una solución de ferrocianuro de Potasio, que es una sal del ácido cianhídrico donde el cianuro ha sido parcialmente saturado por el hierro. El ferrocianuro de potasio se transforma entonces en ferrocianuro férrico al

reaccionar con el hierro depositado en la preparación y queda fijado en la misma. Esta sustancia da un color azul intenso en los sitios en que se ha depositado (sustancia gris).

Conservación:

- Las muestras se envolvieron en porciones de gasa y numeradas en trozos de papel según el orden del corte realizado.
- Se colocaron en recipientes de plástico con agua destilada, y se rotuló el recipiente con la fecha del procedimiento.

IV. RESULTADOS

Se evidenció la presencia de los núcleos en ambos hemisferios cerebrales. Debido a su ubicación y anatomía, estos no fueron apreciados en la región rostral del lóbulo frontal, verificando su aparición a partir del corte realizado a nivel del lóbulo parietal y tercer ventrículo.

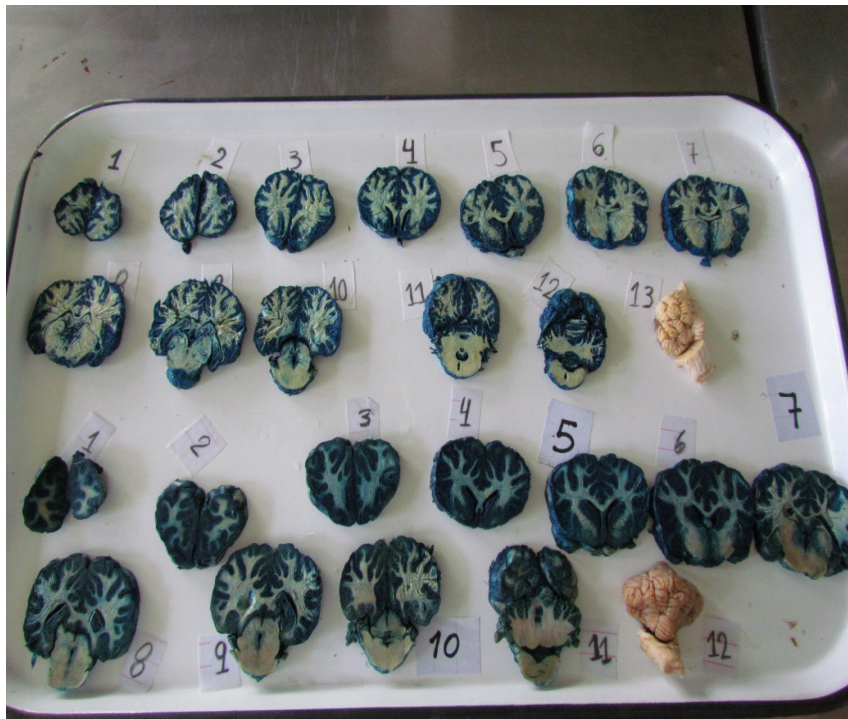


Figura 3. Cerebros procesados con la Técnica de Mulligan y con los cortes realizados transversalmente

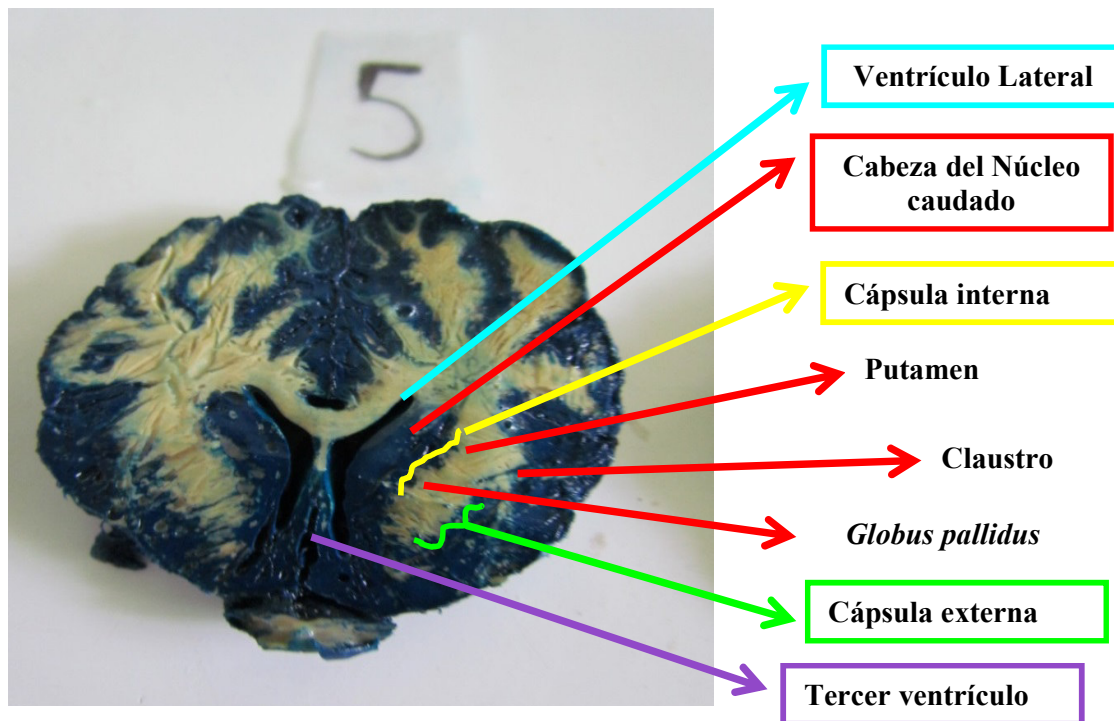
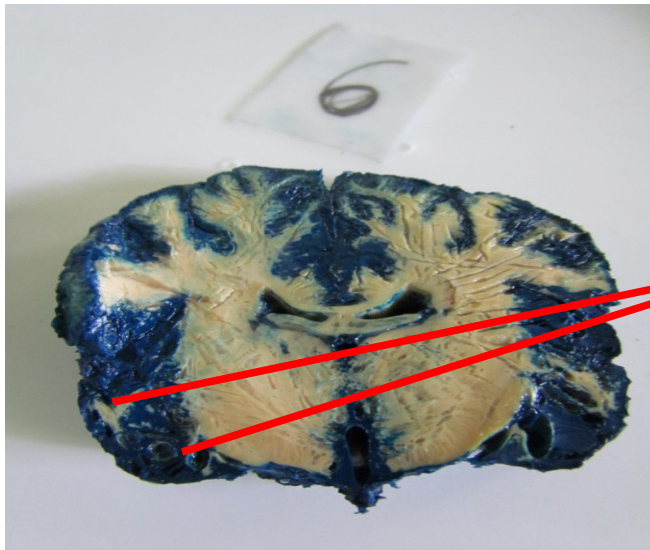


Figura 4. Corte transversal de cerebro realizado a nivel del inicio del lóbulo parietal y tercer ventrículo.

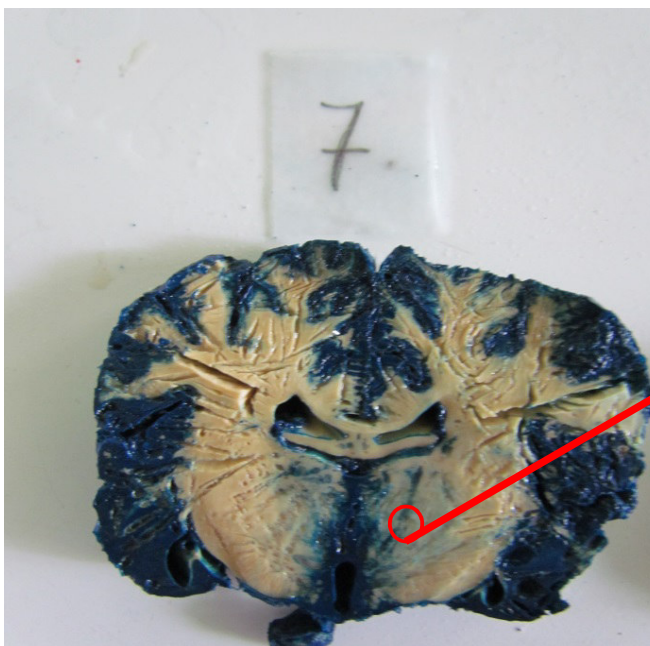
En la figura 4 se aprecia el quinto corte realizado a nivel del lóbulo parietal y del tercer ventrículo, se observa la cabeza del núcleo caudado, la cual se encontró en el cuerno anterior del ventrículo lateral y rodeado de la sustancia blanca, es bilateral ya que el corte fue realizado en ambos hemisferios y la tinción permitió una mejor observación y diferenciación de las otras estructuras. Del mismo modo, se identificó al *Globus pallidus*, ubicado ventral a la cabeza del núcleo caudado, que se encuentra asociado al putamen, el cual fue diferenciado en la sustancia gris y en su conjunto formaron al núcleo lenticular. La cápsula interna fue ubicada latero-ventralmente a la cabeza del núcleo caudado, y actuó como línea divisoria de este con el núcleo lenticular. Lateral al núcleo lenticular, se ubicó a la cápsula externa y lateral a esta, se encontró presente el claustrum.



Cuerpo amigdaloides

Figura 5. Corte transversal de cerebro realizado a nivel de la parte media del lóbulo parietal y tercer ventrículo.

En la figura 5, el corte es realizado a nivel del lóbulo parietal y el tercer ventrículo, se aprecian las estructuras encontradas en el sexto corte transversal, a este nivel fue posible observar la presencia del cuerpo amigdaloides, el cual se situó ventral a la corteza del lóbulo temporal y rostral al cuerno temporal del ventrículo lateral.



Cola del Núcleo Caudado

Figura 6. Corte transversal de cerebro a nivel de la parte final del lóbulo parietal y tercer ventrículo.

En la figura 6, el corte también realizado a nivel del lóbulo parietal, se observó la cola del núcleo caudado, la cual, es pequeña y delgada, se encontró en el lóbulo temporal, lateral al ventrículo lateral y rodeando al tálamo.

V. DISCUSIÓN

El proceso de fijación del encéfalo en formol al 10% por 7 días fue muy importante, ya que esto permitió la estabilización del cerebro para su posterior corte y tinción. El trabajo realizado por Refojos (2003) en encéfalo de bovino sugiere sumergir el encéfalo en formol al 10% por 15 días; sin embargo, el protocolo usado en el presente trabajo dio buenos resultados en los 10 cerebros trabajados.

La técnica de Mulligan es la única usada para diferenciar estructuras de la sustancia gris, y se comprobó que tiene buen resultado en cerebro de bovinos, por lo cual se decidió utilizar esta misma técnica para el cerebro de alpacas. La temperatura es fundamental en este proceso, por lo que se tiene que tener una gran precisión al trabajar con esta técnica, posteriormente, la concentración de los químicos usados también influyó en el resultado de las muestras, ya que una disminución o exceso de alguno de los componentes puede originar una reacción distinta y no lograr la tinción deseada.

El proceso de tinción también es resultado de la sincronización de tiempos de inmersión y secado de las muestras. De esto depende una buena coloración y posterior identificación y lectura de las estructuras deseadas.

En la conservación de las muestras, existen trabajos que recomiendan la conservación con alcohol al 96%, sin embargo, pudimos comprobar que este método de conservación disminuye la calidad de coloración de las muestras, por tanto, decidimos hacer la

conservación con agua destilada, obteniéndose una muy buena calidad de coloración y conservación de las muestras, incluso meses después del procesamiento.

Con respecto a la observación de estructuras macroscópicas:

Núcleo Caudado

En el presente trabajo se observó la cabeza y cola a nivel de la superficie lateral del ventrículo lateral, esto concuerda con la descripción del encéfalo de equino realizada por Sisson & Grossman (1993) quienes señalan la ubicación del núcleo caudado en la porción rostral del suelo del ventrículo lateral. Del mismo modo, Carpenter (1996), describe la ubicación del núcleo caudado en humanos, a todo lo largo de la superficie del ventrículo lateral.

No fue posible la observación del cuerpo, posiblemente debido al grosor de los cortes (5mm) ya que el protocolo realizado por Refojos (2003), no establece un patrón de corte adecuado para la descripción de las estructuras indicadas.

En lo referente a la cola del núcleo caudado, fue posible su observación a nivel del lóbulo temporal; sin embargo, autores como Sisson y Grossman (1993), refieren que su reconocimiento es solo posible a nivel microscópico.

Núcleo Lenticular

Se observó la siguiente disposición de sus componentes, el *Globus pallidus* ventral al putamen y éste a su vez, separado de la cabeza del núcleo caudado mediante fibras de la cápsula interna. Este hallazgo concuerda con lo descrito por (Dyce, 2010), quien señala que el núcleo lenticular está constituido por dos estructuras, las cuales son el *Globus pallidus* y el Putamen lateral, a su vez, se encuentra dividido del núcleo caudado mediante fibras de la cápsula interna. Carpenter (1996) señala la ubicación del Putamen en la zona lateral y a lo largo del cuerpo estriado, asimismo, comparando los cerebros de primates no humanos, mono ardilla (*Saimiri sciureus*) y rata (*Rattus rattus*) la presencia del núcleo caudado en el primate, dividido del putamen mediante fibras de la cápsula interna, de modo contrario, en la rata sólo se observa la presencia del núcleo estriado (núcleo caudado y putamen) sin división alguna, ni presencia de fibras de la cápsula interna.

Claustro

Se ubicó al claustro lateral a la cápsula externa, esto se corrobora con lo descrito por (Dyce, 2010) quien describe la ubicación del claustro entre el putamen o núcleo lenticular y el neopallio; está separado de ellos por otras láminas de fibras, que en su cara lateral se conocen como cápsula externa. Sysson y Grossman (1993), también menciona la separación del claustro con la superficie externa del putamen, mediante la cápsula externa.

Cuerpo amigdaloides

El cuerpo amigdaloides fue uno de los núcleos basales más difíciles de ubicar, sin embargo, se localizó parte de este ventro-lateralmente a la corteza del lóbulo temporal. Esto coincide con lo descrito por (König, 2005), quien señala que ventralmente alcanza la corteza del lóbulo temporal y está situado en posición rostral, en relación con la prolongación o cuerno temporal del ventrículo lateral.

VI. CONCLUSIONES

1. Se observó la presencia de los núcleos basales en cerebros de alpacas hembras y machos.
2. La distribución de los núcleos basales (núcleo caudado, núcleo lenticular, claustró y cuerpo amigdalóide) en alpacas fue similar a otras especies domésticas descritas, equinos y bovinos, así como también, a los humanos.

VII. LITERATURA CITADA

1. **Agüera E, Vivo J. 1989.** Neuroanatomía Veterinaria. Sistema Nervioso Central. Editorial Córdoba. España. P 188-189.
2. **Aige V. 2010.** Anatomía Descriptiva y Anatomía clínica del Sistema Nervioso en el perro y gato y Resonancia Magnética. Biofísica e Interpretación en la Patología del Sistema Nervioso Central y Veterinaria. Editorial de la Universidad Autónoma de Barcelona. Primera Edición. España. P 19-23.
3. **Bravo H. 2010.** Meninges, Sistema Ventricular e Irrigación Encefálica. Escuela de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. [Internet]. Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/departamentos/anatomia/cursoenlinea/down/irriga.pdf>
4. **Carpenter M. 1996.** Carpenter's Human Neuroanatomy. Editorial Williams & Wilkins. Novena Edición. Canadá. P. 799-802.
5. **Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. 2010.** Anatomía Veterinaria. Editorial El Manual Moderno. Tercera edición. México. P 273-278.
6. **FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2005.** Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. P 62. [Internet]. Disponible en:

http://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf

7. **Fowler M. 2010.** Medicine and surgery of Camelids. Editorial Wiley-Black Well. Tercera edición. Estados Unidos. P 499.
8. **INIEA. 2006.** Proyecto Camélidos. Lima [Internet], [10 de Enero 2013]. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0021/PROYECTO%20CAMELIDOS.htm>.
9. **Koeppen BM, Stanton BA. 2009.** Berne y Levy Fisiología. Sexta edición. P 187-189.
10. **König HE, Liebich HG. 2008.** Anatomía de los Animales Domésticos. Tomo I y II. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana.
11. **Navarrete M, Sato A. 2010.** Aspectos Anatómicos de la cría de alpaca. En: Sanidad de alpacas en la etapa neonatal. Manual para estudiantes y profesionales de veterinaria. España: Complutense. p 51 – 62.
12. **Nómina anatómica veterinaria. 2012.** Quinta edición. Editorial Committee, Hannover (Alemania). Columbia. MO (U.S.A.), Ghent (Bélgica), Sapporo (Japón).
13. **Norton WT. 1981.** Formation and Estructuration and Biochemistry of myelin in George Siegel et al Basic Neurochemistry. American Society for Neurochemistry.
14. **Nuñez Q. 1968.** Estructuras Anatómicas que diferencian ciertos órganos de algunos animales domésticos. Boletín de Divulgación N°2. IVITA FMV-UNMSM. Lima-Perú.
15. **Portal Agrario. 2009.** Lima: Ministerio de Agricultura [Internet], [10 de Enero 2013]. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/cam%C3%A9lidos-sudamericanos?start=4>
16. **Portillo B, Colón L. 2005.** Química Orgánica. Instituto Tecnológico de Toluca. Ingeniería Química. México. [Internet]. Disponible en: http://www.ittoluca.edu.mx/difusion/practicasquimica/Q%20ORGANICA%20I/quimorganica_I.pdf

17. **Ramírez A. 1987.** Alpaca *Clostridium perfringens* type A enterotoxemia: purification and assays of the enterotoxin. Colorado State University. P 201.
18. **Ramírez A, Ellis R. 1988.** Nuevos conceptos sobre la enterotoxemia y la colibacilosis en alpacas. Revista de Camélidos Sudamericanos 6: 9-14.
19. **Refojos M, Morley G, Trindade de Veglia HM. 2003.** Preparación anatómica de encéfalo bovino con fines didácticos. Resumen: M-016. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
20. **Sato A, Mc Farland L. 1970.** Estudio anatómico descriptivo de los hemisferios cerebrales de la Alpaca (*Lama pacos*). Revista del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA). Lima, Perú. P 116-119.
21. **Sisson S, Grossman JD. 1993.** Anatomía de los Animales Domésticos. Salvat Editores. Quinta Edición. Tomo I. P 209-256.
22. **Yoshikawa T. 1968.** Atlas of the brains of domestic animals. Universidad de Tokyo Press. P 1-4.